

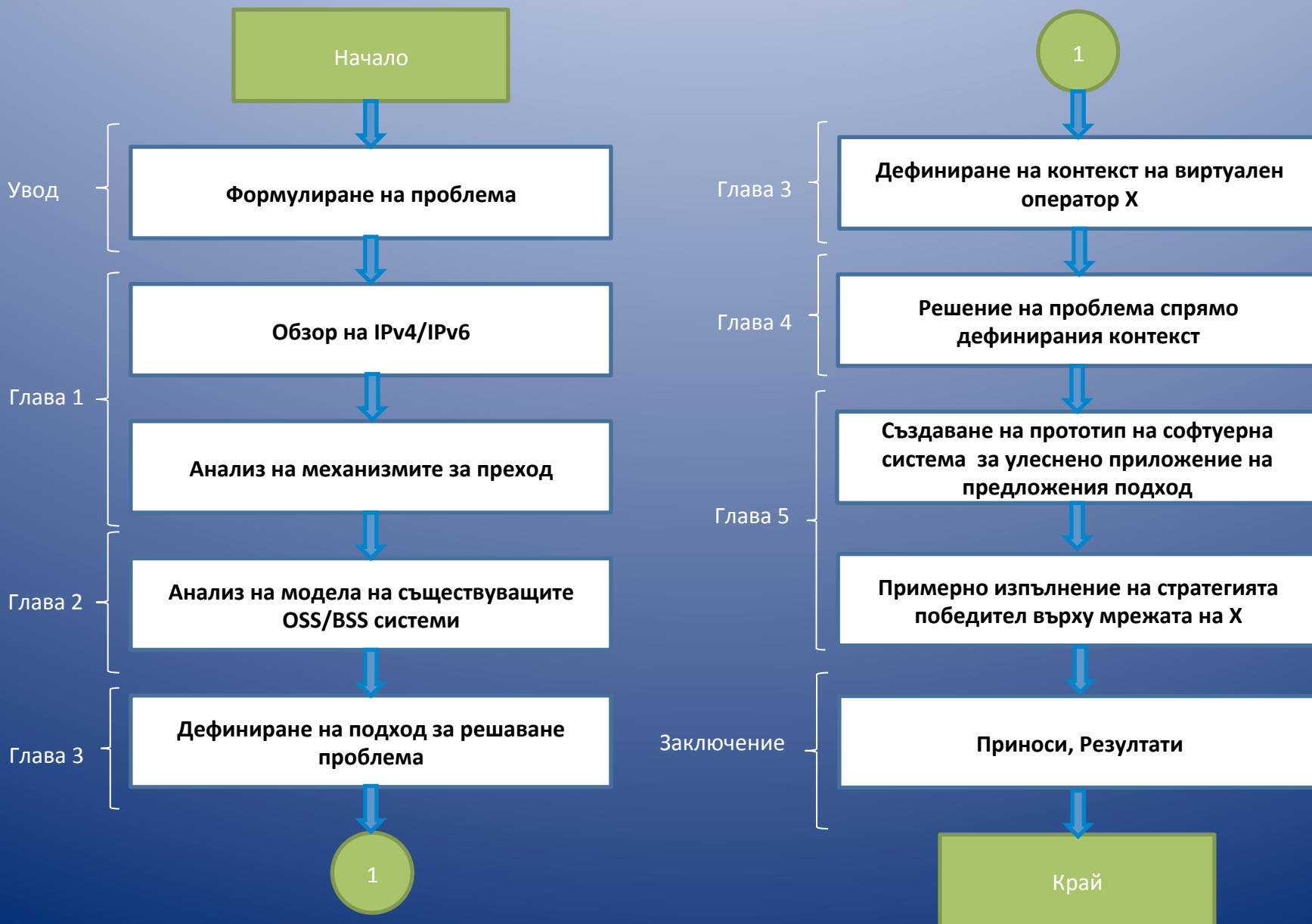
**ТЕМА НА ДИСЕРТАЦИЯТА:**  
**Трансформация на мрежи и услуги от IPv4  
към IPv6 в мрежите от следващо  
поколение**

докторант:  
**маг. инж. Николай Милованов**  
научен ръководител:  
**доц. д-р. Иван Богомилов**



Нов български университет

# Обща методика на работа по дисертацията



# Дефиниция на проблема

- IPv4 адресното пространство е раздадено и почти изчерпано [1], [2].
- IPv6 е необходимост и няма друга алтернатива [1].
- Липсват методологии (не механизми) за преход от IPv4 към IPv6.

[1] <http://www.nro.net/news/ipv4-free-pool-depleted>

[2] <http://ipv6.he.net/statistics/>

# Google IPv6 статистика – 9<sup>th</sup> of July

- По-малко от 2% от потребителите на Google използват услугите му по IPv6 [1].
- 0.3% от потребителите на Интернет в България използват услугите на Google по IPv6 [1].
- Въвеждането на новия протокол ще даде по-добра възможност за достъп до Интернет.
- Въвеждането на новия протокол ще даде по-добра възможност за внедряване на нови типове услуги (Internet of Things).



# Актуалност на проблема

- Преходът от IPv4 към IPv6 е актуален за всяка една мрежова инфраструктура, която е ограничена в своите бизнес възможности поради липсата на IPv4 адреси.
- Новият протокол ще промени свойствата и характеристиките на всяко едно устройство и всяка една връзка в Интернет.
- IPv6 не е само нов протокол, а е качествено нова платформа за развитие на Интернет и съвременното информационно общество.
- Примери за бизнес сегменти където преходът от IPv4 към IPv6 е особено належащ са:
  - телеком и мобилни оператори;
  - доставчици на услуги;
  - доставчици на съдържание;
  - центрове за данни;
  - облачните инфраструктури;
  - банки и корпорации с разклонена клонова мрежа.
- Преходът вероятно ще се случи първо в държави където броя на IPv4 адресите на глава от населението е сравнително нисък (Индия, Китай, Малайзия, Индонезия, Корея и Япония).

# Цели

- Създаване на универсална методология за преход на комуникационни мрежови инфраструктури от текущо към желано състояние.
- Създаване на софтуерна система способна да автоматизира методологията и да еволюира мрежата от една технология към друга.

# Подход на автора (1)

Миграцията от IPv4 към IPv6 е еволюционен преход от текущо състояние към желано състояние на мрежовата инфраструктура.

- Състоянията се дефинират в графовидни цифрови модели.
- Преходите между състоянията се извършват чрез изпълнението на еволюционни стъпки.
- Стъпката е логическа единица, състояща се от:
  - Технически предпоставки (guard) обусловени от текущото състояние на мрежовия модел;
  - Бизнес ограничения (Риск, Разходи, Време за реализация)
  - Действие (action) за промяна на състоянието на мрежовата инфраструктура;
  - Планиран Ефект (effect) върху достигнатото състояние

Формализация на стъпките чрез GCL [1]

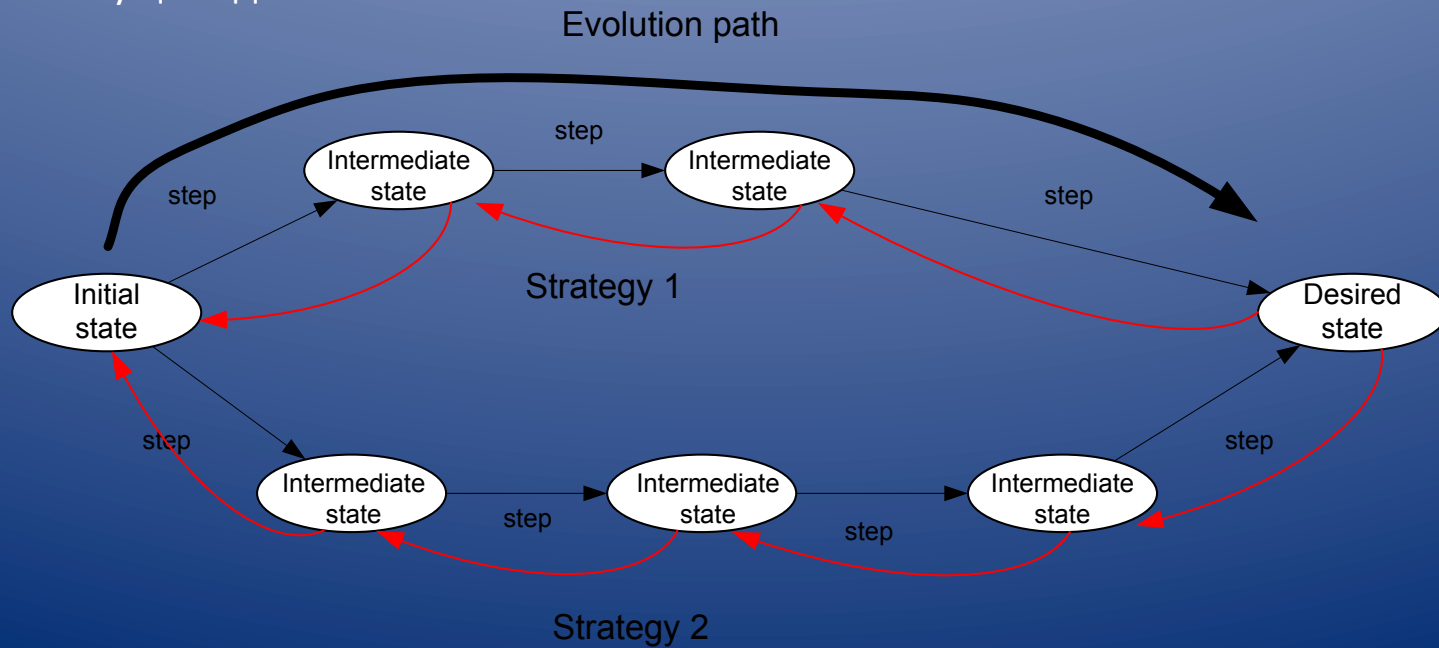
```
$params = $param1, $param2, ...  
if(guard ($params) eq "YES"){  
  boolean $actionResult = action(params);  
  if ($actionResult eq true){  
    updateState(params);  
    boolean $effectResult = effect($params);  
    if ($effectResult eq true){  
      exit  
    }else{  
      rollback($params);  
    }  
  }  
  else{  
    rollback();  
  }  
}
```

[1] Dijkstra, Edsger W, EWD472: Guarded commands, non-determinacy and formal. derivation of programs.", Retrieved August 16, 2006.



# Подход на автора (2)

- Стратегията е низ от последователни стъпки. Последователността се определя от конкретните технически ограничения на всяка една стъпка и от бизнес изискванията, характерни за конкретния контекст.
- Преход от текущо към желано състояние може да бъде извършен по повече от една стратегия, преминаващи през еднакви или различни междинни състояния.
- Оптимизация на избора на стратегия, отчитайки изискванията на заинтересованите лица и контекста на дадения организация.
- Оптималната стратегия определя пътя, по-който ще еволюира мрежата от текущото до желаното състояние.





# Графовидни модели

Първоначално Състояние

Желано Състояние

```
<node id="P1">
  <data key="port"
  <data key="port"
  <data key="port"
  <data key="port"
  <data key="dev
  <data key="Mar
  <data key="ipv4
</node>
```

```
<edge id="P1R1"
  <data key="locs
  <data key="rem
  <data key="ipv4
  <data key="ipv4
  .....<data key="me
</edge>
```

```
<graphml>
  <graph edgedefault="directed">
    <key id="weight" for="edge" attr.name="weight" attr.type="double"/>
    <key id="property" for="node" attr.name="name" attr.type="String"/>
    <node id="v1">
      <data key="color">green</data>
    </node>
    <node id="v2">
      <data key="color">green</data>
    </node>
    <node id="v3"/>
    <node id="v4"/>
    <edge id="v1v2" source="v1" target="v2">
      <data key="weight">1.1</data>
    <edge id="v1v3" source="v1" target="v3"/>
    <edge id="v1v4" source="v2" target="v4" directed="false"/>
  </graph>
</graphml>
```

2</data>

"targetport="Gig1/0">

# Стратегии за преход от IPv4 към IPv6

Стратегиите са избрани спрямо дефиницията на контекст, описана в [1]. Конкретните механизми са подбрани на база на примерите дадени от Miyakawa в [2].

1. Преход към IPv6 чрез stateless NAT64 и пълна подмяна на IPv4
2. Преход към IPv6 чрез изграждане на тунели и двоен IP стек
3. Преход към IPv6 чрез пълен двоен IP стек
4. Преход към IPv6 чрез превод на адреси и двоен IP стек

[1] Milovanov N., Bogomilov I., "Case Study - IPv6 based building automation solution integration into an IPv4 Network Service Provider infrastructure", N.Milovanov, I. Bogomilov, CompSysTech '12 Proceedings of the 13th International Conference on Computer Systems and Technologies, pp. 216-223, 2012

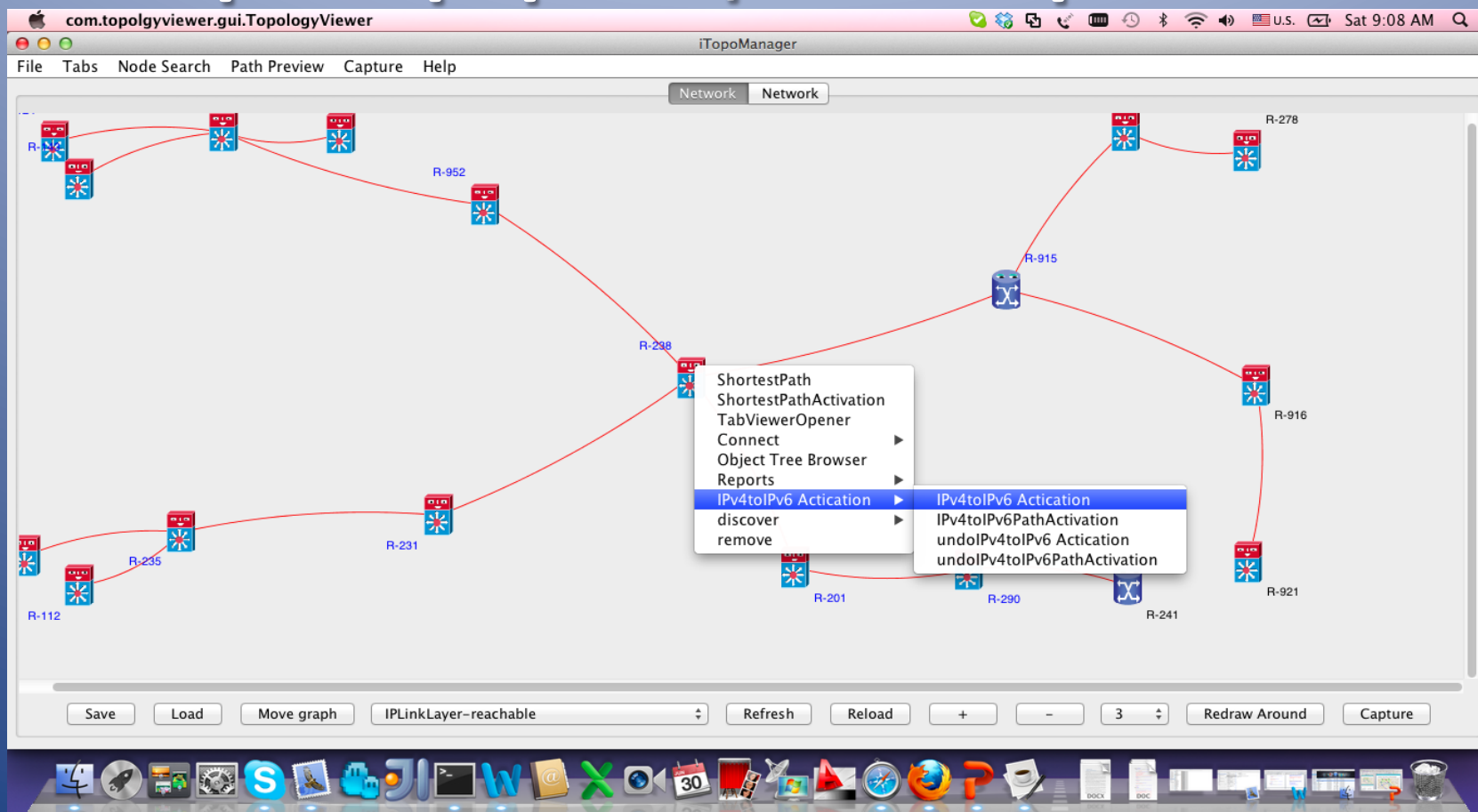
[2] **Miyakawa Sh.**, "IPv4 to IPv6 Transformation Schemas"., IEICE TRANC. COMMUN., 2010

# Оценка на стратегиите

- Технически ограничения:
  1. Липса на свободен преносни капацитети.
  2. Част от възлите в мрежата не поддържат IPv6.
- Бизнес критерии (наредени по тежест):
  1. минималното време до достигне на състояние “Building Automation In Production”;
  2. минимални разходите за достигане на състояние „Building automation in production”;
  3. минимално ниво на максимален риск;
  4. минимални разходите за достигане до желаното състояние (IPv6 only);
  5. минимално средното ниво на риск.

Strategy	Max Risk to State Building automation In production	Average Risk to IPv6 only	Total Cost To Building Automation in Production (USD)	Total Cost (USD)	Maintenance Time To State (days)
1	3.2	3.2	890235	893715	5.0
2	1.8	2.8	13544	881928	2.275
3	2.8	2.8	538194	881424	3.55
4	1.4	2.8	6546	906920	1.3

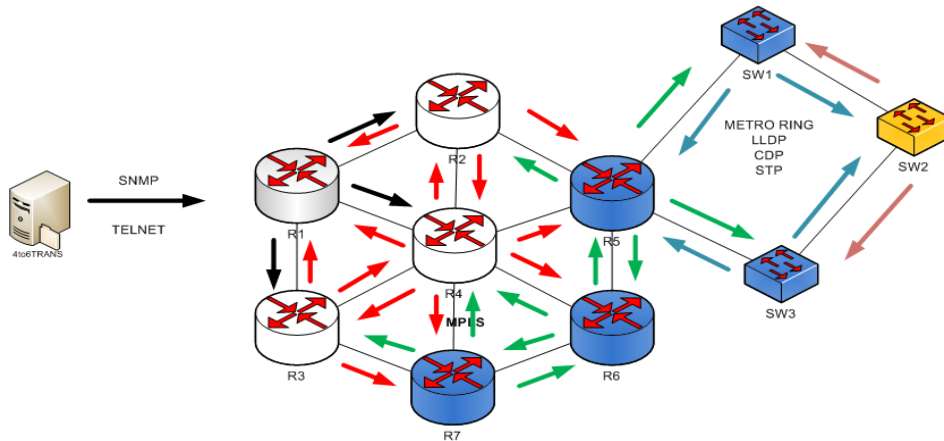
# Прототип на система за трансформация на мрежата



Прототипът следва архитектурата на системата е представена в:

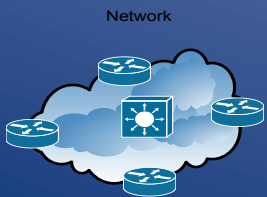
Milovanov, N., Slavinski A., Georgieva V., "Service Oriented framework for IPv4 to IPv6 Network transformations", "Infusing Research and Knowledge in South-East Europe", 5<sup>th</sup> Annual South-East European Doctoral Student Conference, SEERC, Thessaloniki, Greece, pp. 358-370, 2010

# Разкриване на текущото състояние на реалната (актуална) мрежа [1]



- Step 1** (Black arrow): Discovery will run on R1, will discover R2, R4 and R3
- Step 2** (Red arrow): Discovery will run on: R2, will discover R1, R4, R5; R3, will discover R1, R4, R7; R4, will discover R2, R5, R6, R7, R3, R1
- Step 3** (Green arrow): Discovery will run on: R5, will discover R2, SW1, SW3, R6, R4; R7, will discover R4, R3, R6; R6, will discover R4, R5, R7
- Step 4** (Blue arrow): Discovery will run on: SW1, will discover R5, SW2; SW4, will discover R5, SW2
- Step 5** (Brown arrow): Discovery will run on: SW2, will discover SW1, SW3. Since everything is discovered it will stop!

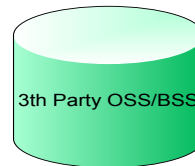
[1] Milovanov.N, Bogomilov I., Slavinski. A, 4TO6TRANS USE CASE - DYNAMIC NETWORK INVENTORY DATA POPULATION“, MANAGEMENT OF TECHNOLOGY - STEP TO SUSTAINABLE PRODUCTION“, Bol, Croatia, 2011



SNMP  
CLI (TELNET, SSH)  
NETCONF

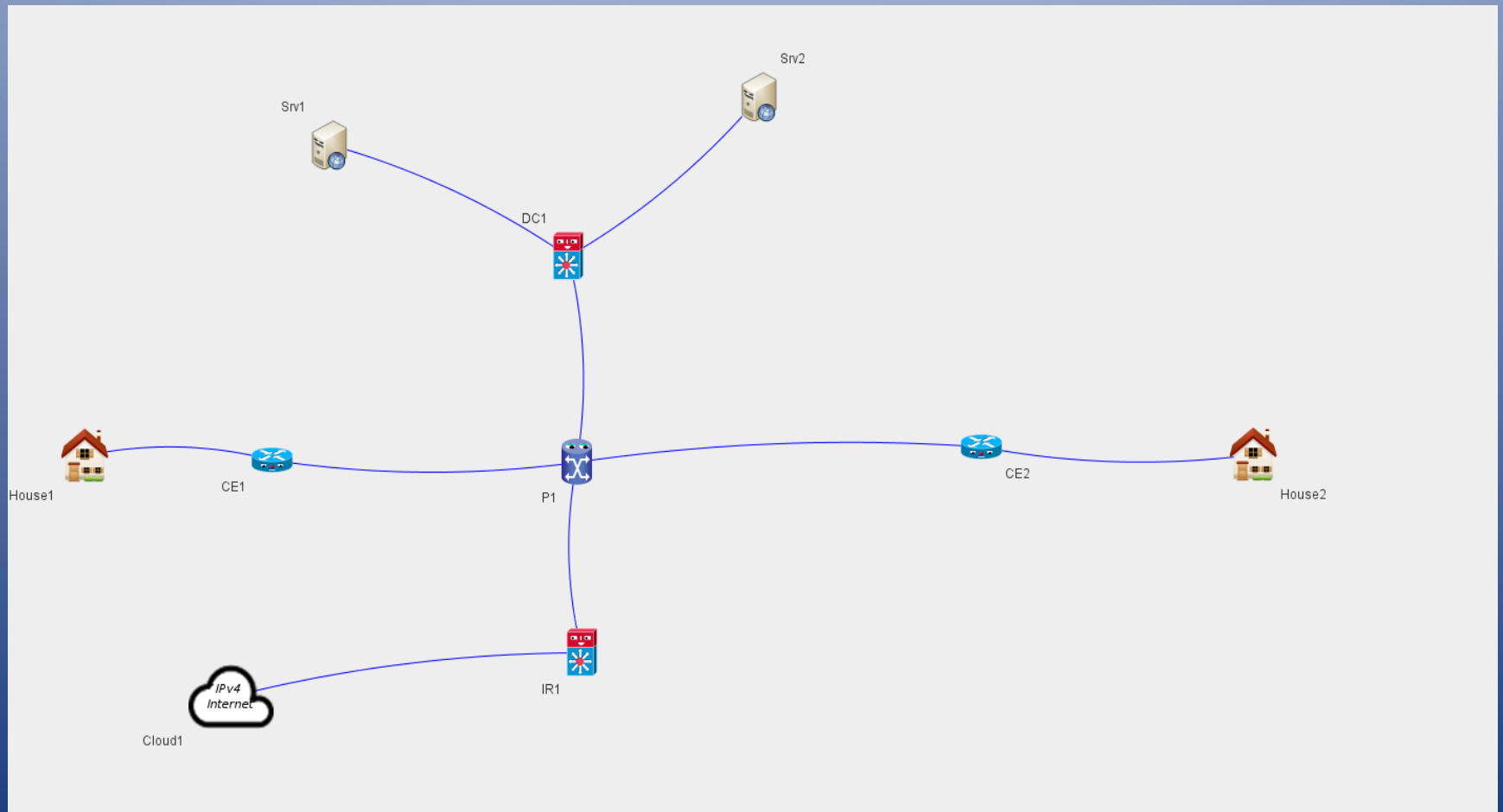
Prototype for network transformation

UPLOAD



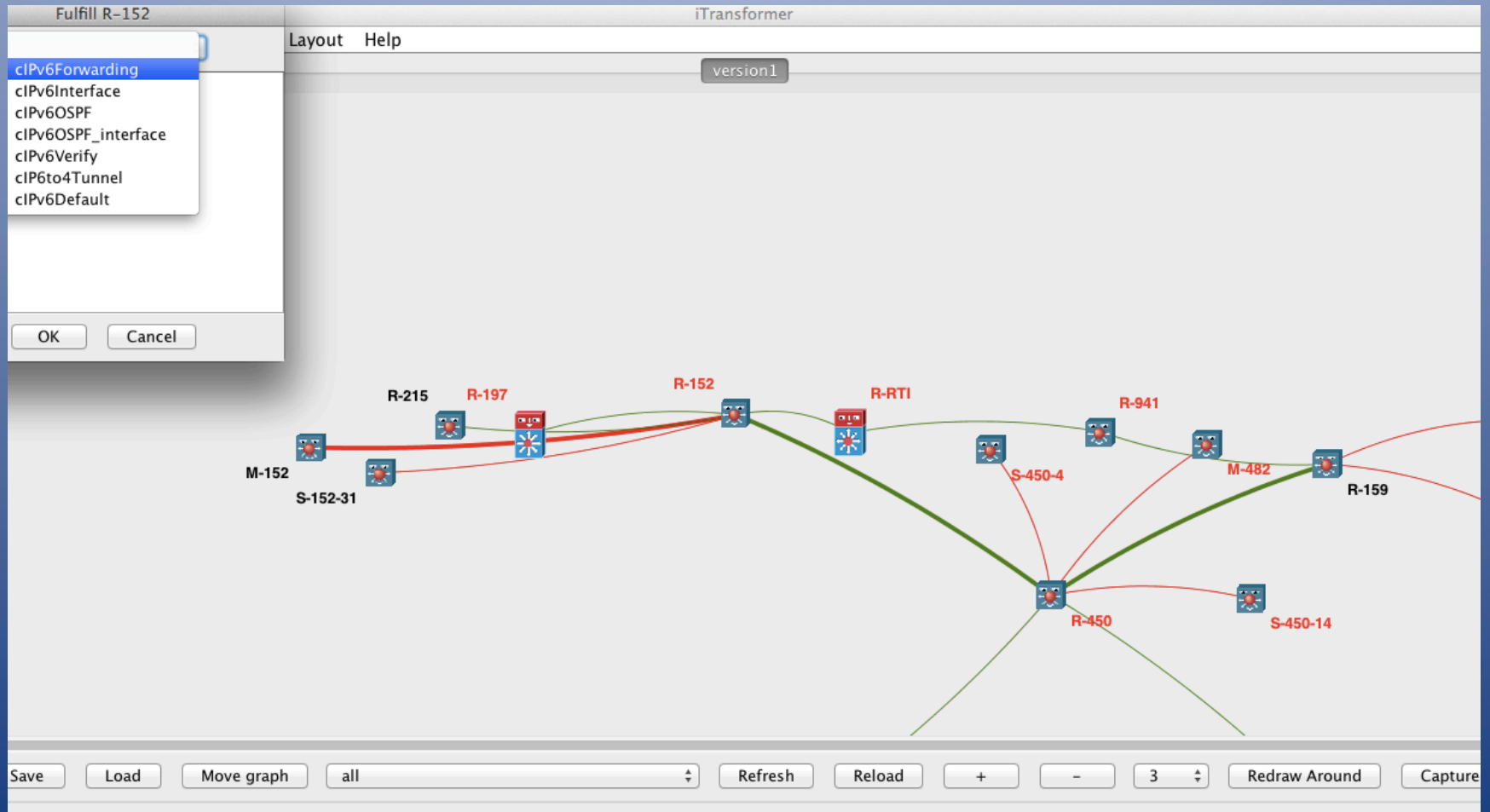
# ПРИЛОЖЕНИЯ НА ПРОТОТИПА

# 1. Разкриване и визуализация на мрежовата ТОПОЛОГИЯ

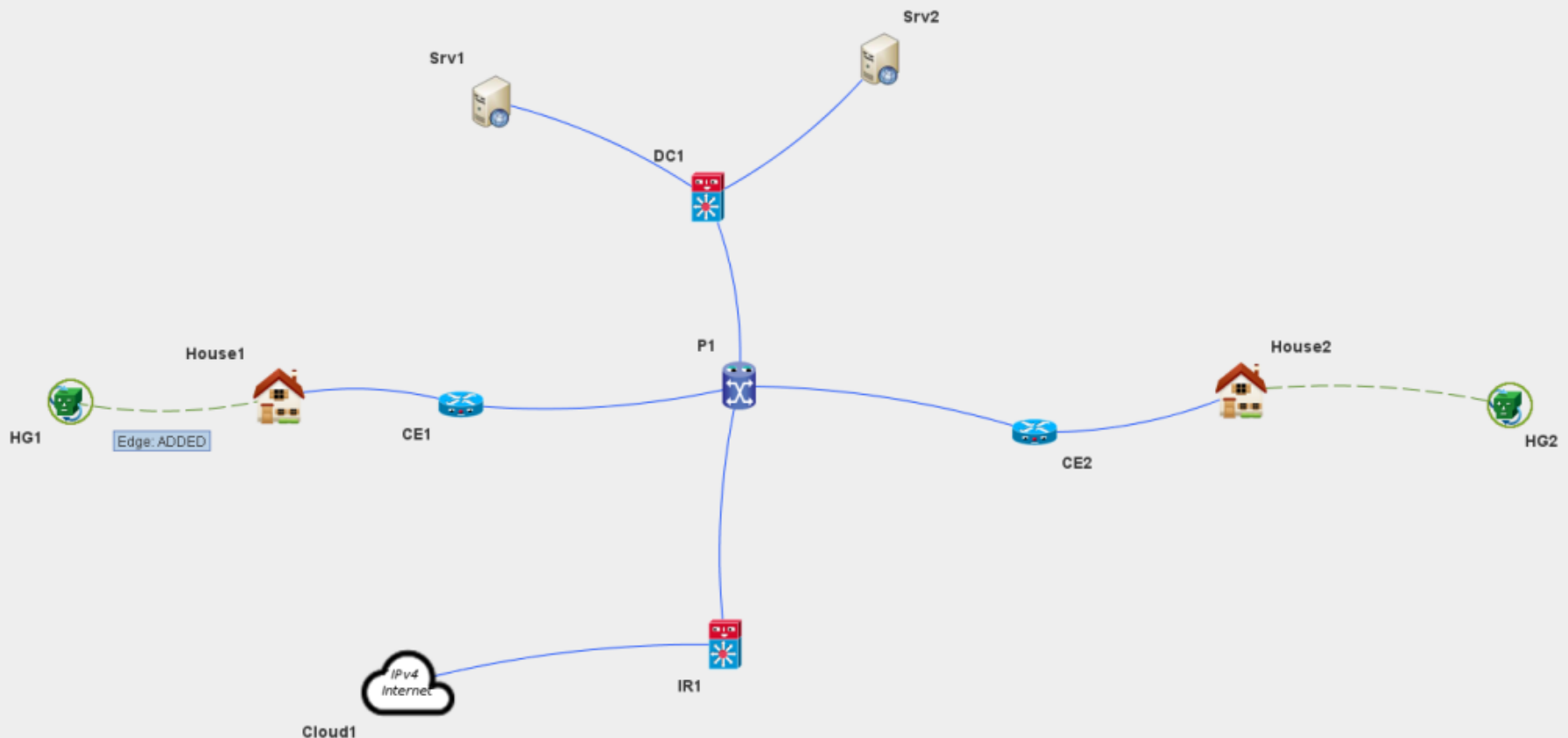




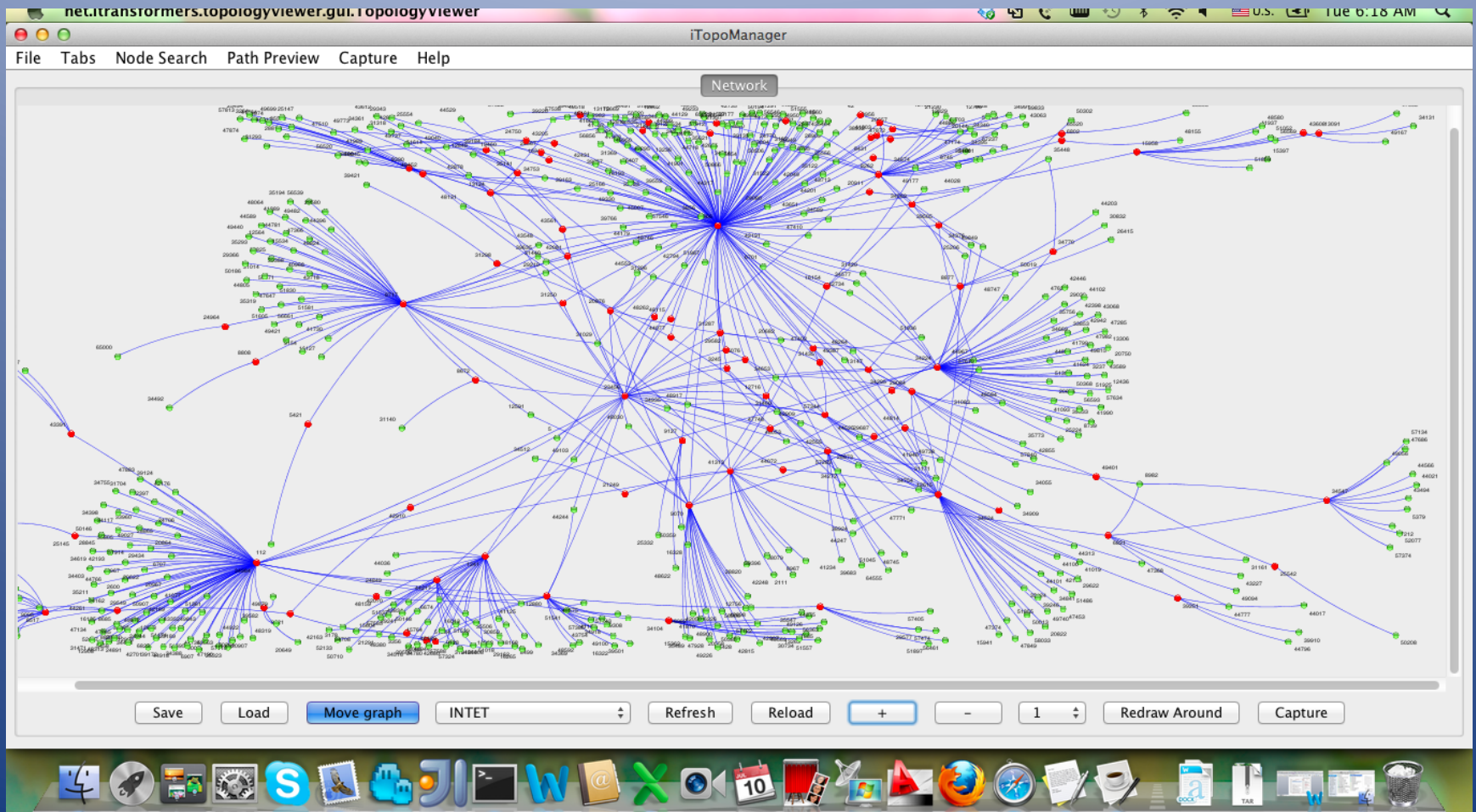
## 2. Приложение на стъпките на стратегиите върху един или повече от едно устройство



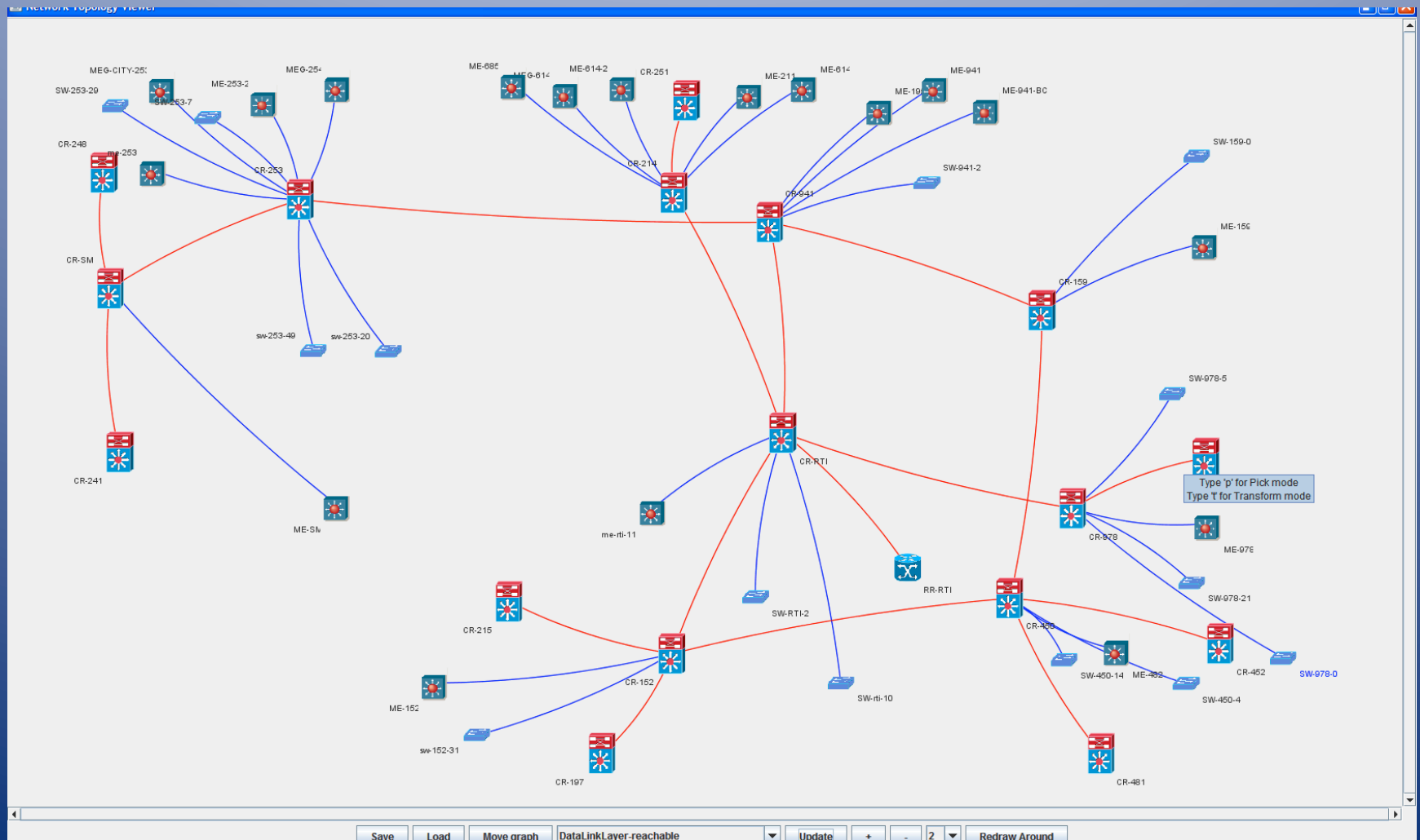
### 3. Разкриване и визуализация на разликите между две състояния



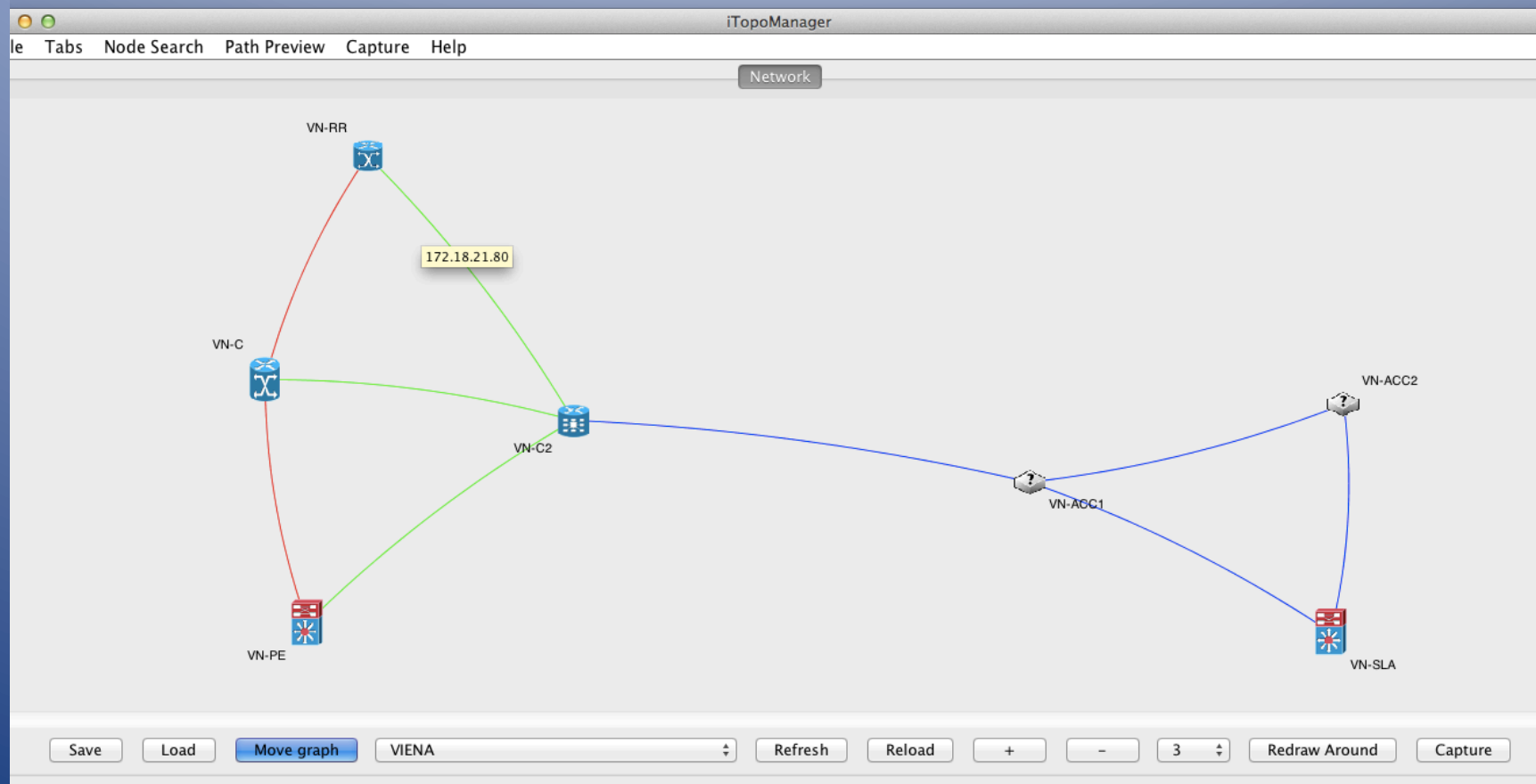
# 4. Разкриване и визуализация на картата на BGP Интернет свързаност



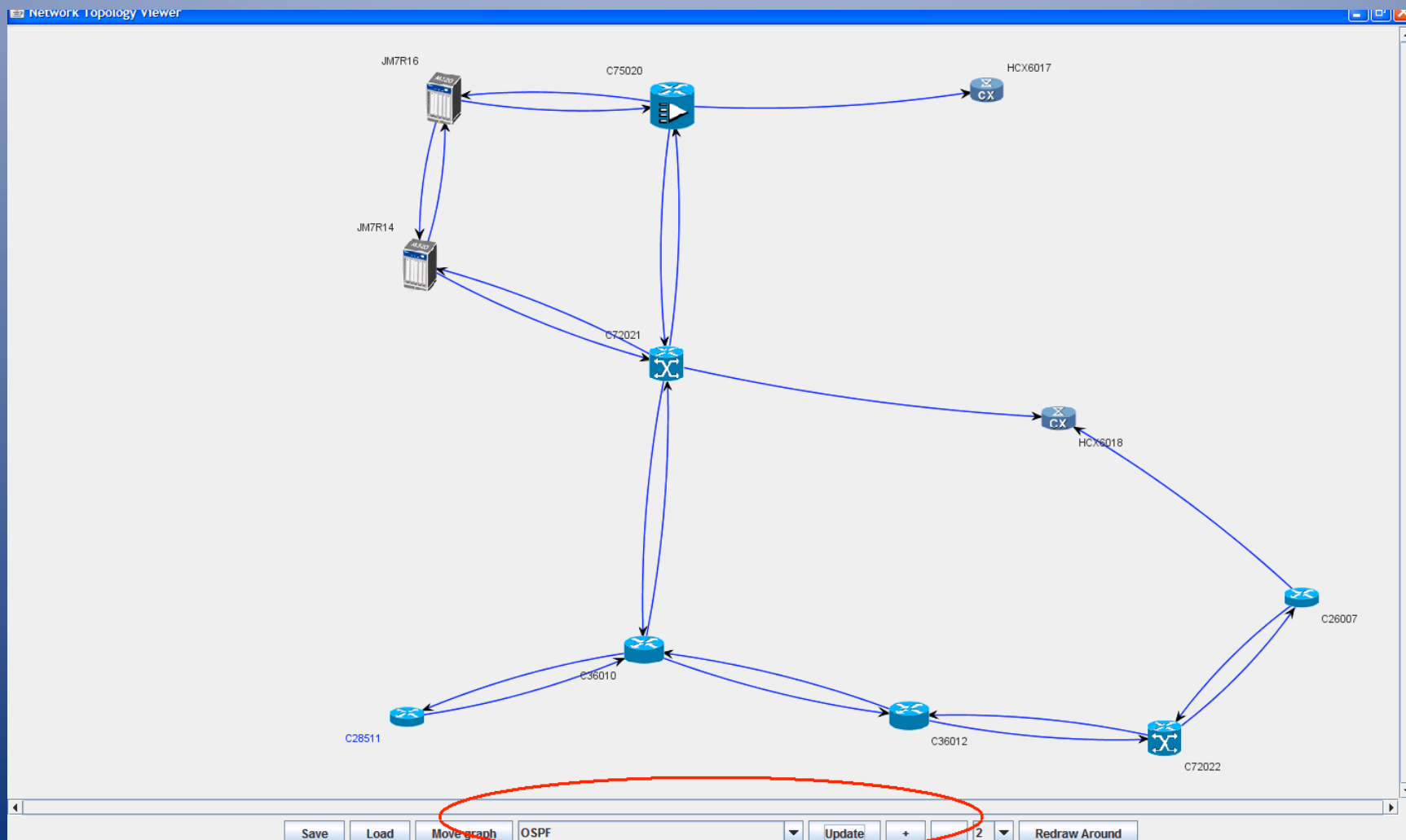
# 5. Филтрация по свойствата на изгледа на мрежовата инфраструктура



# 5.1 Филтриране по местоположение (Виена)

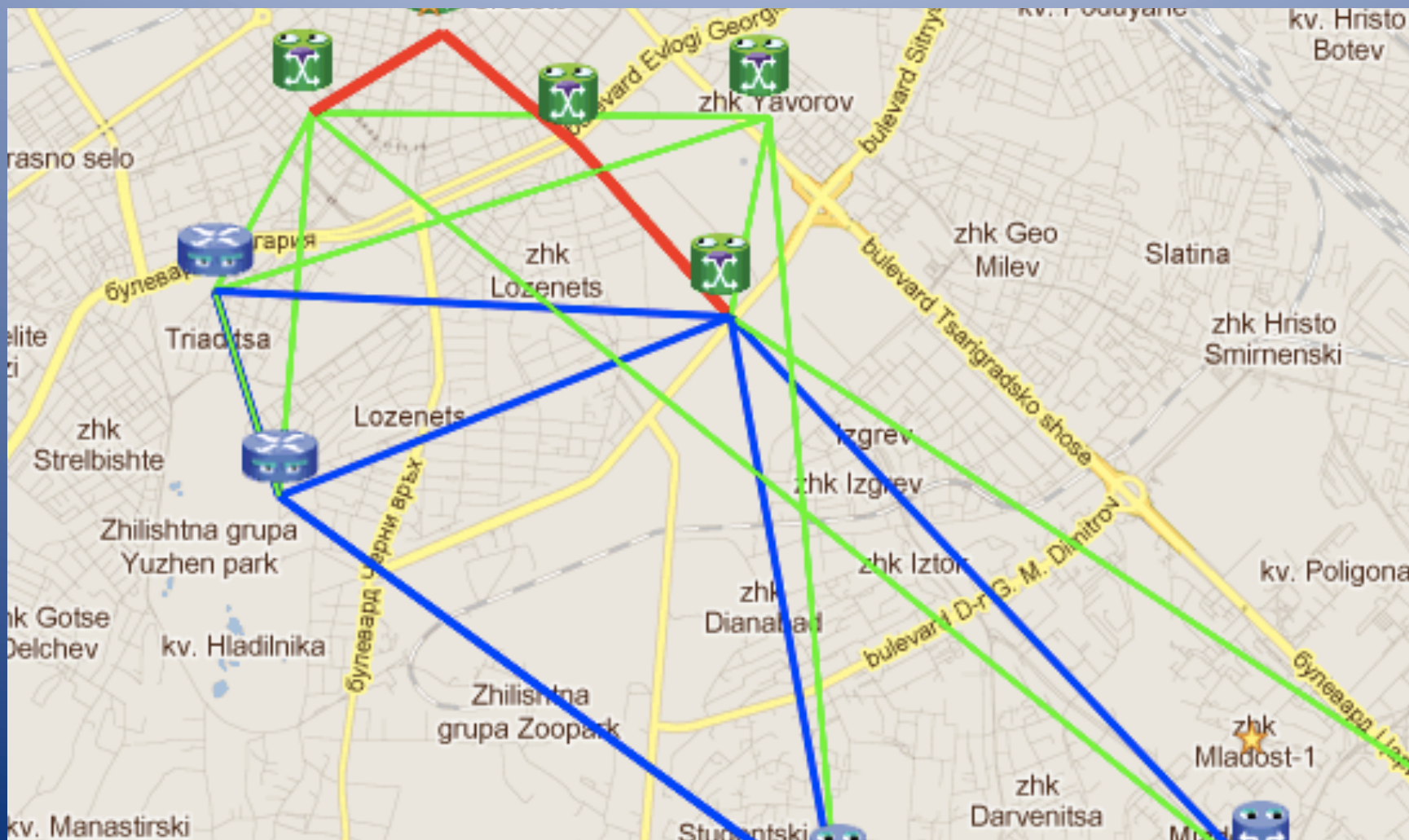


## 5.2 Филтрация по маршрутизиращ протокол (OSPF)





## 6. Генериране на изгледи върху цифрова карта (Google Maps)





# Приноси и резултати (1)

1. Обзор и анализ на мрежовите технологии свързани с прехода от IPv4 към IPv6.
2. Анализирана е архитектурата на съществуващите системи за управление на мрежата и бизнеса. Идентифицирани са възможности за интеграция на системата за еволюция на мрежата със съществуващия OSS/BSS.
3. Предложен е подход за преход на мрежови инфраструктури от текущо към желано състояние.
4. Подходът е експериментално приложен върху контекста на оператор X.
  - Разработени са модели на текущото и желаното състояние.
  - Предложени са четири стратегии за преход от IPv4 към IPv6.
  - Демонстриран е процеса на избор на стратегия, по която да еволюира мрежата на базата на алгоритъма за еволюционния път.

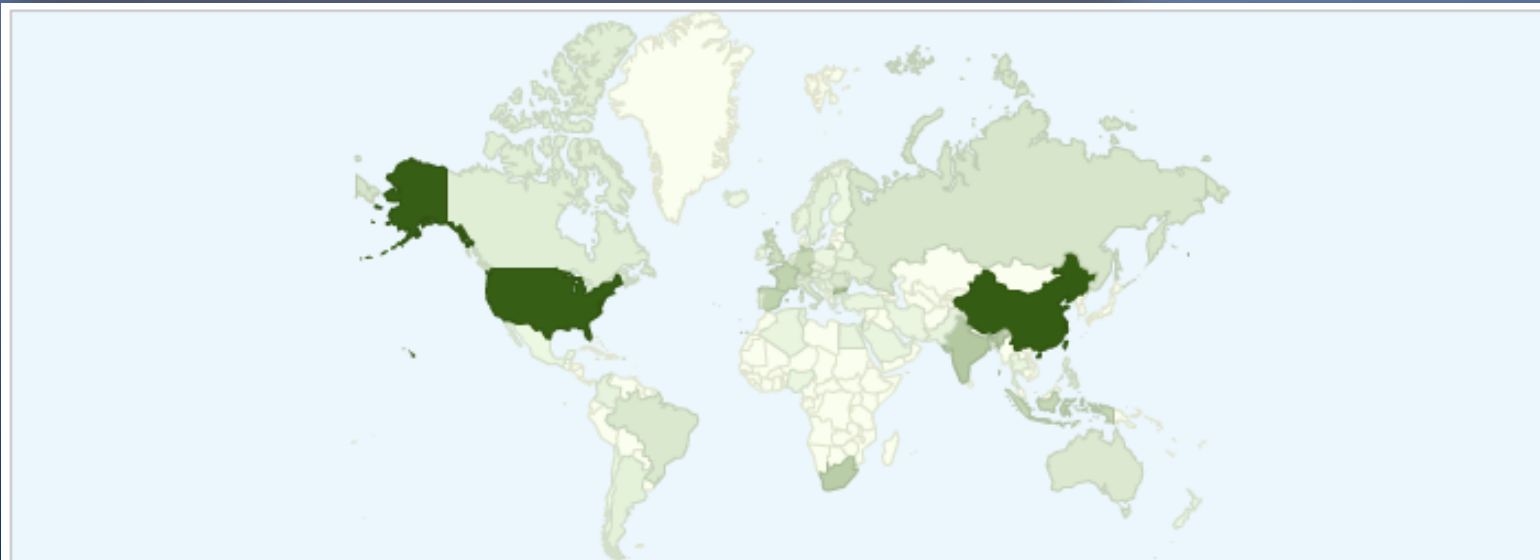
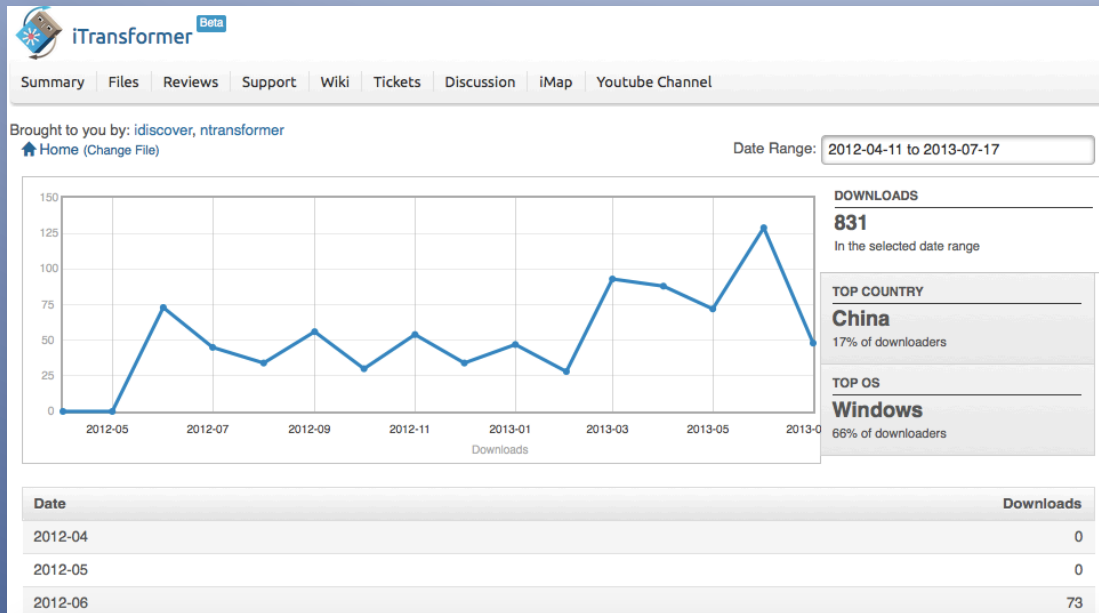
# Приноси и резултати (2)

5. Разработен е прототип на системата за еволюция на мрежата. Прототипът е способен да:
  - разкрие текущото състояние на мрежата;
  - визуализира и филтрира топологията на мрежата;
  - визуализира разликите между две състояния;
  - изпълни стъпките от стратегията избрана за еволюционен път.
6. Прототипът е внедрен във водещи Български Телекомуникационни компании (Глобул, Телелинк, Тест-Солюшънс) .
7. Методологията (и системата за трансформация) са предмет на внедряване по програма Конкурентоспособност от ТЕЛЕПОИНТ ООД .
8. Прототипът се използва в курсовете по MPLS част от бакалавърските и магистърски програми в НБУ (NETB348, TCMM210).
9. Прототипите са направени достъпни за широк кръг от потенциални ползватели чрез портала за софтуер с отворен код **sourceforge.net** под името [iTransformer](#) и [bgpPeeringMap](#).

# Публикации

1. Milovanov, N., "Traffic optimization in the modern corporate WAN data network", "Telecom 2009", Varna, Bulgaria, pp. 328-334, Oct. 8-9, 2012
2. Milovanov, N. , "Service Fulfillment and Assurance in the NGN Networks", Journal of NVU, Veliko Tarnovo, Bulgaria, 2009
3. Milovanov, N., From Static to Dynamic QoS", Годишник на департамент "Телекомуникации", 2008 и 2009, НБУ, София, България
4. Slavinski A., Milovanov N., Georgieva V., "IPv4 TO IPv6 NETWORK TRANSFORMATION", Годишник на департамент "Телекомуникации", 2008 и 2009, НБУ, София, България
5. Milovanov,N., Slavinski A., Georgieva V., "Service Oriented framework for IPv4 to IPv6 Network transformations", "Infusing Research and Knowledge in South-East Europe", 5<sup>th</sup> Annual South-East European Doctoral Student Conference, SEERC, Thessaloniki, Greece, pp. 358-370, 2010
6. Milovanov N., Slavinski A., Bogomilov I., "Methodology for analysis and selection of Best Practices in the area of embedded systems and industrial informatics", "Proceedings of International Conference for Entrepreneurship, Innovation and Regional Development ICEIRD 2011", Ohrid, Macedonia, pp.1-6, 5-7 May 2011
7. Milovanov.N, Bogomilov I., Slavinski. A, 4TO6TRANS USE CASE - DYNAMIC NETWORK INVENTORY DATA POPULATION", MANAGEMENT OF TECHNOLOGY - STEP TO SUSTAINABLE PRODUCTION", Bol, Croatia, 2011
8. Милованов Н., Богомилов И. , "Сравнение между IPv4 и IPv6 виртуални частни IPSEC мрежи", Списание „Инженерни Науки“, София, България, 09.2011
9. Milovanov N., Bogomilov I., "Case Study - IPv6 based building automation solution integration into an IPv4 Network Service Provider infrastructure", N.Milovanov, I. Bogomilov, CompSysTech '12 Proceedings of the 13th International Conference on Computer Systems and Technologies, pp. 216-223, 2012
10. Богомилов И., Милованов Н., Славински А., Петров Г., „МЕХАНИЗМИ ЗА ПРЕХОД ОТ IPV4 КЪМ IPV6“, Сборник доклади от Юбилейна научна конференция по повод 10 години от създаването на Национален военен университет „Васил Левски“, гр. Велико Търново, 14-15 юни 2012 г

# Разпространеност на софтуерния прототип



# Благодаря за вниманието

инж. Николай Милованов  
email: [nmilovanov@nbu.bg](mailto:nmilovanov@nbu.bg)  
Нов Български Университет  
департамент Телекомуникации  
София – 1618, бул. Монтевидео 21  
тел. (+359 898) 763322



Нов български университет